

Министерство образования и науки Российской Федерации
ФГБОУ ВПО "Уральский государственный лесотехнический
университет"

Кафедра Охраны труда

А.В. Зинин

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ
В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ

Методическое руководство к лабораторной работе

Екатеринбург 2014

Печатается по решению методической комиссии института ИЛБидС
Протокол № 10 от 3 июля 2014 г. __

Рецензент – профессор, д.т.н. Старжинский В.Н.

Редактор

Подписано в печать		Поз.	
Плоская печать	Формат 60 x 84 1/16	Тираж	экз.
Заказ	печ. л.	Цена	

Редакционно-издательский отдел УГЛТУ
Отдел оперативной полиграфии УГЛТУ

Цель работы - определить метеорологические условия в производственном помещении и произвести гигиеническую оценку параметров микроклимата по ГОСТ 12.1.005-88 и СанПиН 2.2.4.548-96 "Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений".

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ "Воздух рабочей зоны. Общие санитарно-гигиенические требования" определяет микроклимат производственных помещений как климат внутренней среды этих помещений, который характеризуется действующими на организм человека сочетаниями температуры, влажности и скорости движения воздуха, а также температуры окружающих поверхностей.

Жизнедеятельность человека может протекать, если температура его тела находится в диапазоне от 34 до 42 град Цельсия. В результате биохимических процессов в организме человека выделяется тепло. При выполнении физической работы выделение тепла в организме пропорционально энергозатратам на выполнение этой работы. В результате теплообмена организма человека с окружающей средой происходит отдача или поступление тепла. Регулирование скорости и направления теплообмена организма с окружающей средой в целях поддержания температуры тела в необходимых для нормальной жизнедеятельности пределах называется терморегуляцией. Процесс терморегуляции осуществляется путем выделения тепла в ходе биохимических реакций на нагрев организма, регулирования теплоотдачи через кожу (регулирование переноса тепла к коже: расширение и сужение кровеносных сосудов, изменение скорости крови), отдачи тепла среде при испарении пота. Таким образом на терморегуляцию затрачивается энергия организма. Эффективность процессов терморегуляции зависит от соотношения собственных энергозатрат организма и условий окружающей среды: сочетания температуры, влажности, подвижности воздуха, наличия тепловых излучений.

По степени тяжести физические работы подразделяют на 3 категории: легкие, средней тяжести и тяжелые.

Категории работ разграничиваются на основе интенсивности энергозатрат организма в ккал/ч (Вт).

К категории Ia относятся работы с интенсивностью энергозатрат до 120 ккал/ч (до 139 Вт), производимые сидя и сопровождающиеся незначительным физическим напряжением (ряд профессий на предприятиях точного приборо- и машиностроения, на часовом, швейном производствах, в сфере управления и т.п.).

К категории Ib относятся работы с интенсивностью энергозатрат 121-150 ккал/ч (140-174 Вт), производимые сидя, стоя или связанные с ходьбой и сопровождающиеся некоторым физическим напряжением (ряд профессий в полиграфической промышленности, на предприятиях связи, контролеры, мастера в различных видах производства и т.п.).

К категории IIa относятся работы с интенсивностью энерготрат 151-200 ккал/ч (175-232 Вт), связанные с постоянной ходьбой, перемещением мелких (до 1 кг) изделий или предметов в положении стоя или сидя и требующие определенного физического напряжения (ряд профессий в механосборочных цехах машиностроительных предприятий, в прядильно-ткацком производстве и т.п.).

К категории IIб относятся работы с интенсивностью энерготрат 201-250 ккал/ч (233-290 Вт), связанные с ходьбой, перемещением и переноской тяжестей до 10 кг и сопровождающиеся умеренным физическим напряжением (ряд профессий в механизированных литейных, прокатных, кузнечных, термических, сварочных цехах машиностроительных и металлургических предприятий и т.п.).

К категории III относятся работы с интенсивностью энерготрат более 250 ккал/ч (более 290 Вт), связанные с постоянными передвижениями, перемещением и переноской значительных (свыше 10 кг) тяжестей и требующие больших физических усилий (ряд профессий в кузнечных цехах с ручной ковкой, литейных цехах с ручной набивкой и заливкой опок машиностроительных и металлургических предприятий и т.п.).

При характеристике производственных помещений по категории тяжести выполняемых в них работ следует ориентироваться на те работы, в которых принимает участие более 50% работающих.

Общее состояние и производительность труда работающих в значительной степени зависят от микроклимата производственного помещения.

Температура воздуха - один из главных факторов, определяющих микроклимат производственных помещений. При высокой температуре окружающего воздуха ухудшаются условия теплоотдачи организма, возрастает нагрузка на сердечно-сосудистую систему, что при длительном воздействии может привести к заболеваниям. При высокой температуре увеличивается теплоотдача испарением. Испаряясь с поверхности тела, пот отнимает тепло и тем способствует поддержанию нормальной температуры. Теплоотдача испарением приводит к потере воды из организма, как следствие - сгущению крови, выводу из организма солей и водо-растворимых витаминов групп С и В. Высокая температура воздуха на рабочем месте оказывает отрицательное влияние и на центральную нервную систему, что проявляется в ослаблении внимания, ухудшении координации движений, замедлении реакций. При длительном перегреве организма терморегуляция может нарушиться, и привести к повышению температуры тела выше допустимой нормы, что может стать причиной "теплого удара" и даже смерти. Опасно также и длительное переохлаждение организма, приводящее к перерасходу энергии на поддержание температуры тела в допустимых пределах, снижению в следствии этого сопротивляемости организма инфекционным заболеваниям.

Влажность воздуха характеризует содержание в нем паров воды.

Абсолютной влажностью воздуха называется количество водяных паров в граммах, находящееся в одном кубическом метре воздуха или упру-

гость водяных паров в момент исследования, выраженную в мм рт. ст. Абсолютная влажность воздуха зависит от давления и температуры.

Относительной влажностью воздуха называют процентное отношение фактической абсолютной влажности к максимальной абсолютной влажности при данных значениях температуры и давления воздуха.

При повышенной влажности и температуре воздуха теплообмен организма ухудшается из-за снижения эффективности испарения пота. При пониженной влажности воздуха наблюдается ускоренное обезвоживание организма. Сочетание повышенной влажности и низких температур приводит к снижению сопротивляемости организма простудным и инфекционным заболеваниям.

Движение воздуха в производственных помещениях может создаваться как конвекционными потоками, возникающими в результате неравномерного нагрева воздушных масс в помещении, так и при наличии больших открытых проемов в стенах зданий. Повышенная подвижность воздуха в производственном помещении ("сквозняки"), особенно в сочетании с повышенной влажностью и низкой температурой воздуха, может приводить к переохлаждению организма, развитию простудных и инфекционных заболеваний.

Допустимые величины показателей микроклимата устанавливаются в случаях, когда по технологическим требованиям, техническим и экономически обоснованным причинам не могут быть обеспечены оптимальные величины.

Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах должны соответствовать значениям, приведенным в табл.1 применительно к выполнению работ различных категорий в холодный и теплый периоды года.

Оптимальные микроклиматические условия установлены по критериям оптимального теплового и функционального состояния человека. Они обеспечивают общее и локальное ощущение теплового комфорта в течение 8-часовой рабочей смены при минимальном напряжении механизмов терморегуляции, не вызывают отклонений в состоянии здоровья, создают предпосылки для высокого уровня работоспособности и являются предпочтительными на рабочих местах.

Оптимальные величины показателей микроклимата необходимо соблюдать на рабочих местах производственных помещений, на которых выполняются работы операторского типа, связанные с нервно-эмоциональным напряжением (в кабинах, на пультах и постах управления технологическими процессами, в залах вычислительной техники и др.). Перечень других рабочих мест и видов работ, при которых должны обеспечиваться оптимальные величины микроклимата определяются Санитарными правилами по отдельным отраслям промышленности и другими документами, согласованными с органами Государственного санитарно-эпидемиологического надзора в установленном порядке .

Оптимальные параметры микроклимата на рабочих местах должны соответствовать величинам, приведенным в табл.2, применительно к выполнению работ различных категорий в холодный и теплый периоды года.

Таблица 1

Допустимые величины показателей микроклимата на рабочих местах производственных помещений

Период года	Категория работ по уровню энерготрат, Вт	Температура воздуха, °С		Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, м/с	
		диапазон ниже оптимальных величин	диапазон выше оптимальных величин			для диапазона температур воздуха ниже оптимальных величин, не более	для диапазона температур выше оптимальных величин, не более **
Холодный	Ia (до 139)	20,0-21,9	24,1-25,0	19,0-26,0	15-75*	0,1	0,1
	Iб (140-174)	19,0-20,9	23,1-24,0	18,0-25,0	15-75	0,1	0,2
	IIa (175-232)	17,0-18,9	21,1-23,0	16,0-24,0	15-75	0,1	0,3
	IIб (233-290)	15,0-16,9	19,1-22,0	14,0-23,0	15-75	0,2	0,4
	III (более 290)	13,0-15,9	18,1-21,0	12,0-22,0	15-75	0,2	0,4
Теплый	Ia (до 139)	21,0-22,9	25,1-28,0	20,0-29,0	15-75	0,1	0,2
	Iб (140-174)	20,0-21,9	24,1-28,0	19,0-29,0	15-75	0,1	0,3
	IIa (175-232)	18,0-19,9	22,1-27,0	17,0-28,0	15-75	0,1	0,4
	IIб (233-290)	16,0-18,9	21,1-27,0	15,0-28,0	15-75	0,2	0,5
	III (более 290)	15,0-17,9	20,1-26,0	14,0-27,0	15-75	0,2	0,5

* При температурах воздуха 25°С и выше максимальные величины относительной влажности воздуха должны приниматься в соответствии с требованиями п.6.5.

** При температурах воздуха 26-28°С скорость движения воздуха в теплый период года должна приниматься в соответствии с требованиями п.6.6.

Таблица 2

**Оптимальные величины показателей микроклимата на рабочих местах
производственных помещений**

Период года	Категория работ по уровню энерготрат, Вт	Температура воздуха, °С	Температура поверхностей, °С	Относительная влажность воздуха, %	Скорость движения воздуха, не более, м/с
Холодный	Ia (до 139)	22-24	21-25	60-40	0,1
	Iб (140-174)	21-23	20-24	60-40	0,1
	IIa (175-232)	19-21	18-22	60-40	0,2
	IIб (233-290)	17-19	16-20	60-40	0,2
	III (более 290)	16-18	15-19	60-40	0,3
Теплый	Ia (до 139)	23-25	22-26	60-40	0,1
	Iб (140-174)	22-24	21-25	60-40	0,1
	IIa (175-232)	20-22	19-23	60-40	0,2
	IIб (233-290)	19-21	18-22	60-40	0,2
	III (более 290)	18-20	17-21	60-40	0,3

Нормы температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха устанавливаются для рабочей зоны, на которой находится место постоянного или временного пребывания работающего. Постоянным рабочим местом считается место, на котором работающий находится большую часть рабочего времени (более 50% смены или 2 ч непрерывно). Если работа выполняется в разных местах рабочей зоны, то постоянным рабочим местом считается вся зона.

Оптимальные и допустимые величины температуры, относительной влажности и скорости движения воздуха устанавливаются с учетом времени года, характеристики производственного помещения, категории тяжести выполняемых работ.

Рассматриваются теплый и холодный периоды года. Теплым периодом считается такой период, когда среднесуточная температура наружного воздуха выше +10 град. Холодным считается период, когда среднесуточная температура наружного воздуха ниже +10 град.

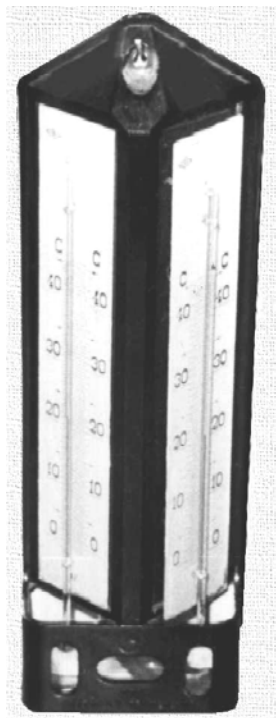
Производственные помещения характеризуются количеством избыточного тепла. Рассматривают помещения без избыточного тепла, с незначительным избытком явного тепла ($20 \text{ ккал/м}^2 \cdot \text{ч}$ и менее) и т.д.

Совокупность значений параметров микроклимата производственного помещения, при которой организм человека затрачивает минимальное количество энергии для терморегуляции называется зоной комфорта.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Методика измерения влажности воздуха

а)Измерение относительной влажности простым психрометром.



Простой психрометр (см. рис. 1) представляет собой прибор, состоящий из двух расположенных рядом термометров, шарик одного из которых покрыт увлажненной тканью (марлей, кисеей или батистом). Влага, пропитывающая ткань, испаряется с различной скоростью, в зависимости от влажности и скорости движения воздуха, отнимает тепло от термометра, поэтому показания влажного термометра будут ниже показаний сухого термометра. Психрометр помещают в исследуемую среду на 5-10 мин., до момента установления ртути или спирта в обоих термометрах на постоянном уровне.

По истечении времени записывают показания обоих термометров. На основании показаний сухого и влажного термометров вычисляют сначала абсолютную влажность воздуха, а затем относительную. Абсолютную влажность воздуха рассчитывают согласно следующей формуле:

Рис. 1. Простой психрометр.

$$A = F_1 - a (t_c - t_{вл}) H \quad (1)$$

где: A - искомая абсолютная влажность воздуха, мм.рт.ст.

F₁ - упругость насыщенных водяных паров, мм.рт.ст. (см. приложение 1.) при температуре влажного термометра

a - коэффициент психрометра равный 0,0008

t_c - показания сухого термометра в град. С

t_{вл} - показания влажного термометра в град. С

H - барометрическое давление в мм.рт.ст.

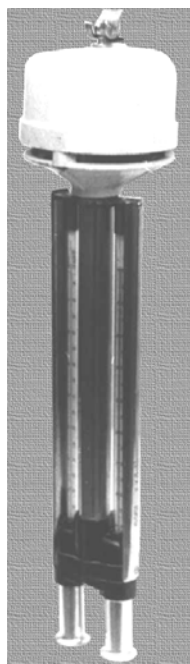
Рассчитав величину абсолютной влажности, определяют относительную влажность воздуха в процентах согласно формуле:

$$R = \frac{A}{F_2} * 100 \% \quad (2)$$

где: R - искомая относительная влажность в %;

F₂ - упругость насыщенных водяных паров в мм.рт.ст. при температуре, показанной сухим термометром (см. приложение 1)

б) Измерение относительной влажности воздуха аспирационным психрометром.



Простой психрометр в производственных условиях может быть неточен в определении относительной влажности, т.к. даже слабое тепловое излучение искажает показания прибора.

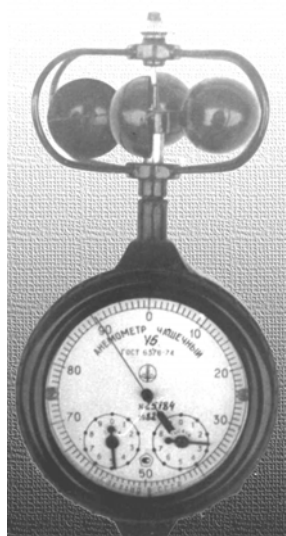
Аспирационный психрометр (см. рис. 2) в этих условиях дает более точные показания. Принцип действия и устройство аспирационного психрометра такое же, как и у простого психрометра, только термометры прибора заключены в специальную трубчатую защиту с воздушной прослойкой между трубками. В верхней части прибора имеется вентилятор, который просасывает исследуемый на влажность воздух около ртутных резервуаров термометров с постоянной скоростью (не менее 4 м/сек). Температурное равновесие наступает скорее чем у простого психрометра, а также устраняется влияние теплового излучения.

Рис. 2. Аспирационный психрометр.

Метод измерения

Установив прибор вертикально, увлажняют обертку влажного термометра. Затем включают прибор в сеть и через 3 - 5 минут, во время постоянного хода вентилятора производят отсчет показаний термометров. Скорость движения воздуха при этом составляет 4 м/сек. Коэффициент психрометра (а) при скорости движения воздуха 4 м/сек равен 0,000662 (не округляя до 6-го знака). Величины отсчетов термометров подставляют в формулы 1 и 2.

Измерение скорости движения воздуха
ручным чашечным анемометром МС-13



1. Назначение. Анемометр ручной чашечный предназначен для измерения скорости ветра за определенный промежуток времени в пределах от 1 до 20 м/сек на уровне установки анемометра.

2. Описание прибора. В чашечном анемометре (рис. 3) приемной частью служит крестовина с четырьмя полушариями, укрепленными на вертикальной оси и защищенная от механических повреждений проволоочной защитой. Под действием ветра полушария вращаются, что отмечается счетчиком, включаемым арретиром. Порог чувствительности анемометра 0,8 м/сек.

При измерении скорости движения воздуха ось чашечного анемометра должна быть установлена перпендикулярно к направлению движения воздушного потока.

Рис. 3. Чашечный анемометр.

3. Метод измерения. Замеры анемометром производятся следующим образом. Сначала отмечают положение всех стрелок (десятков, сотен, тысяч). Большую стрелку приводить к нулю не надо), затем установить анемометр на место замера. После установления постоянной скорости движения чашек (через 10-15 сек.) рычажком арретира пустить стрелку. Одновременно с этим заметить по секундомеру начало пуска и время замера. Так как точность замера в значительной степени зависит от точности совпадения времени включения анемометра и секундомера, замеры повторить 2-3 раза. Определение скорости воздушного потока производят в течение одной - двух минут. По истечении этого времени механизм (арретир анемометра) и секундомер выключают и записывают конечное показание счетчика и время экспозиции в секундах.

Чтобы определить скорость движения воздуха $V_{ан}$ в м/сек, суммировать полученные разности отсчетов конечного и начального показания счетчика $a + b + \dots n$ (в метрах) и полученное число разделить на общую продолжительность замеров (в секундах)

$$V_{ан} = \frac{a + b + \dots n}{T1 + T2 + \dots + Tn} \quad (3)$$

Для получения истинной скорости движения воздуха в полученную величину должна быть внесена поправка, зависящая от механических свойств данного прибора. (Погрешность измерения анемометром средней скорости ветра $0,06 V_{ан} + 0,3$ м/сек. где: V - средняя скорость ветра в м/сек.)

Скорость ветра определяется по графику (приложение 2) следующим образом:

На вертикальной оси графика отыскивают число, соответствующее числу делений счетчика анемометра в секунду. От этой точки проводится горизонтальная линия до пересечения с линией графика, откуда проводится вертикаль до пересечения с горизонтальной осью графика. Точка пересечения вертикали с горизонтальной осью графика дает искомую скорость воздушного потока в м/сек.

Для измерения малых скоростей движения воздуха (менее 0,5 м/сек) применяются специальные приборы: микроанемометр, кататермометр, электроанемометр и термоанемометр.



Интенсивность теплового излучения измеряют актинометром (рис.4). Принцип действия прибора основан на измерении термоЭДС, создаваемой термопарами при нагреве лучистым теплом. Шкала прибора градуирована в калориях на $см^2$ в минуту. Для измерения открыть крышку прибора, направить термобатарею на источник теплового излучения, по шкале определить интенсивность излучения. Подробнее методика измерения теплового излучения рассматривается в лабораторной работе по защите от теплового излучения.

Рис. 5. Актинометр

Лабораторная установка и порядок выполнения работы

1. Определите абсолютную и относительную влажность воздуха с помощью простого психрометра. Для этого проверьте наличие воды в емкости простого психрометра. Помахивая тетрадью, создайте подвижность воздуха ($\approx 0,8$ м/с) около резервуара. После установления столбика ртути или спирта в обоих термометрах на постоянном уровне (\approx через 5 минут), снимите показания температуры. Вычислите абсолютную и относительную влажность воздуха.
2. Определите абсолютную и относительную влажность воздуха по аспирационному психрометру. Для этого наберите немного воды в резервуар груши и, приставив ее к концу влажного термометра (обернут батистом), произведите нажатие на нее так, чтобы из нижнего отверстия смоченного термометра начала капать вода. Включите аспирационный психрометр в сеть. После того, как ртутные столбики сухого и смоченного термометров установятся на постоянном уровне (через 2-3 минуты), снимите показания и проведите расчет.
3. Определите подвижность воздуха. Для этого включите вентилятор в сеть, направьте поток воздуха на чашечный анемометр. Произведите замер.

Отчет о работе должен содержать таблицу параметров метеорологических условий в деревообрабатывающем цехе в холодный или теплый периоды года определенных экспериментально и норм по ГОСТ 12.1.005-88 и СанПиН 2.2.4.548-96. (Форма отчета приведена в табл. 4).

Сделать вывод о соответствии параметров микроклимата требованиям СанПиН 2.2.4.548-96.

Таблица 4.

	Из опыта		по СанПиН 2.2.4.548-96	
	аспирационный психрометр	простой психром.	оптимальные условия	допустимые условия
1. Температура, град. С				
2. Относительная влажность, %				
3. Подвижность воздуха, м/сек				

Приложение 1.

Упругость насыщенных водяных паров.

Температура воздуха, °С	Упругость водяных паров, мм.рт.ст.
+10,0	9,209
+10,5	9,521
+11,0	9,844
+11,5	10,176
+12,0	10,518
+12,5	10,870
+13,0	11,231
+13,5	11,604
+14,0	11,897
+14,5	12,362
+15,0	12,798
+15,5	13,206
+16,0	13,632
+16,5	14,076
+17,0	14,580
+17,5	14,997
+18,0	15,477
+18,5	15,947

Температура воздуха, °С	Упругость водяных паров, мм.рт.ст.
+19,0	16,977
+19,5	16,999
+20,0	17,735
+20,5	18,085
+21,0	18,650
+21,5	19,231
+22,0	19,827
+22,5	20,440
+23,0	21,069
+23,5	21,756
+24,0	22,277
+24,5	23,060
+25,0	23,756
+25,5	24,741
+26,0	25,209
+26,5	26,764
+27,0	26,736
+27,5	27,539

График зависимости числа делений в секунду
от средней скорости движения воздушного потока

